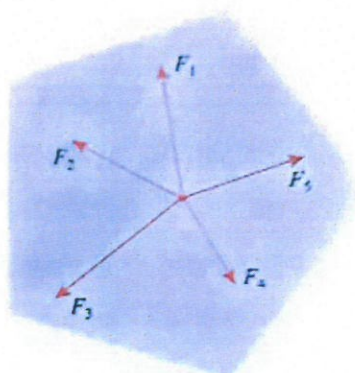


4 力的合成和分解

问题 ?

一个静止的物体，在某平面上受到5个力作用，你能判断它将向哪个方向运动吗？如果我们能找到一种方法，即“用一个力的单独作用替代两个力的共同作用，而效果不变”，上述问题就迎刃而解了。你觉得这个力和被替代的两个力会有怎样的关系呢？



几个力如果都作用在物体的同一点，或者它们的作用线相交于一点，这几个力叫作共点力。下面我们先研究共点力的合成。

合力和分力

生活中常常见到这样的事例：一个力的单独作用与两个或者更多力的共同作用，其效果相同。

例如，两个小孩分别用力 F_1 、 F_2 共同提着一桶水，水桶静止（图3.4-1甲）；一个大人单独向上用力 F 也能提着这桶水，让水桶保持静止（图3.4-1乙）。

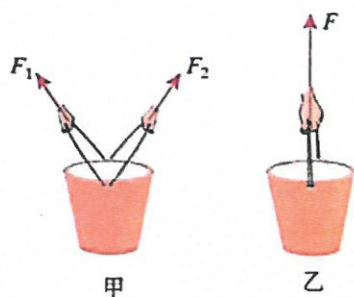


图3.4-1 水桶所受拉力示意图

一盏吊灯悬吊在天花板上保持静止，悬线对吊灯的拉力是 F （图3.4-2甲），若用两根线共同悬挂吊灯，悬线上端分别固定在天花板的左右两处，线的拉力是 F_1 和 F_2 ，也能产生使吊灯保持静止的效果（图3.4-2乙）。

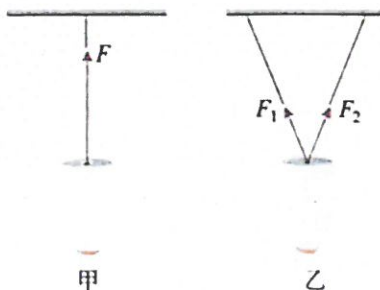


图3.4-2 吊灯所受拉力示意图

假设一个力单独作用的效果跟某几个力共同作用的效果相同，这个力就叫作那几个力的**合力**（resultant force）。假设几个力共同作用的效果跟某个力单独作用的效果相同，这几个力就叫作那个力的**分力**（component force）。图3.4-1中的 F 等于 F_1 和 F_2 的合力，图3.4-2中的 F_1 和 F_2 可以看成 F 的分力。

力的合成和分解

在物理学中，我们把求几个力的合力的过程叫作力的合成 (composition of forces)，把求一个力的分力的过程叫作力的分解 (resolution of force)。

实验

探究两个互成角度的力的合成规律

如图3.4-3甲，橡皮条的一端连接轻质小圆环，另一端固定，橡皮条的长度为 GE 。在图3.4-3乙中，用手通过两个弹簧测力计共同拉动小圆环。小圆环受到拉力 F_1 、 F_2 的共同作用，处于 O 点，橡皮条伸长的长度为 EO 。撤去 F_1 、 F_2 ，改用一个力 F 单独拉住小圆环，仍使它处于 O 点 (图3.4-3丙)。力 F 单独作用，与 F_1 、 F_2 共同作用的效果是一样的，都能使小圆环保持静止，由于两次橡皮条伸长的长度相同，即橡皮条对小圆环的拉力相同，所以 F 等于 F_1 、 F_2 的合力。

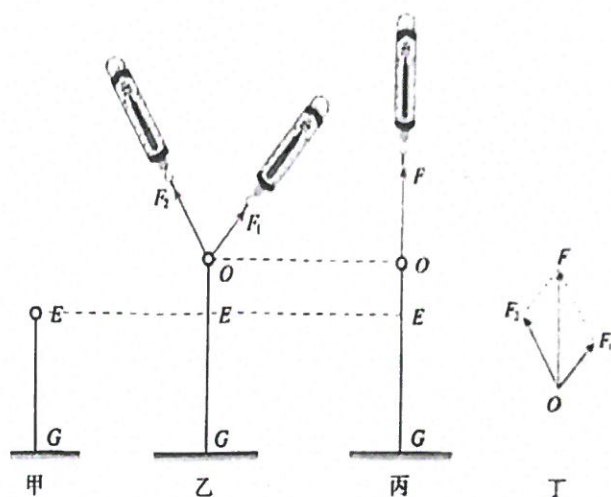


图3.4-3 探究二力合成规律实验示意图

我们要探究的是：合力 F 与 F_1 、 F_2 有什么关系？

F_1 和 F_2 的大小和方向都会对合力 F 产生影响，力的图示法能同时描述力的大小和方向，画出 F 、 F_1 和 F_2 (图3.4-3丁)，看看三者间是什么关系？说出你的猜想。

怎样检验你的猜想，说出你的方法。

通过多次的实验探究我们会发现，两个力合成时，如果以表示这两个力的有向线段为邻边作平行四边形，这两个邻边之间的对角线就代表合力的大小和方向 (图3.4-4)。这个规律叫作平行四边形定则 (parallelogram rule)。

在上述实验中，如果把图3.4-3乙和图3.4-3丙的操作顺序对调，即先用拉力 F 把小圆环拉到 O 点，再用拉力 F_1 和 F_2 共同拉小圆环产生相同效果，则 F_1 和 F_2 可以看成 F 的分力，

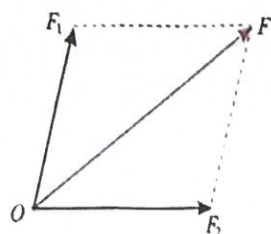


图3.4-4 两个力的合成

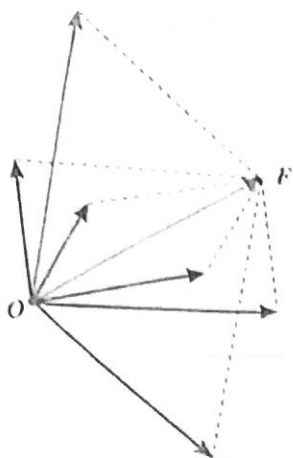


图 3.4-5 力的分解

这就变成了“探究力的分解规律”的实验。由于各个力的数据都没有改变，因此，力的分解也遵从平行四边形定则。

需要指出的是，如果没有限制，对于同一条对角线，可以作出无数个不同的平行四边形（图 3.4-5）。也就是说，同一个力 F 可以分解为无数对大小、方向不同的分力。一个已知力究竟应该怎样分解，要根据具体问题来确定。

如果两个以上的共点力作用在一个物体上，也可以应用平行四边形定则求出它们的合力。先求出任意两个力的合力，再求出这个合力跟第三个力的合力，直到把所有的力都合进去，最后得到的结果就是这些力的合力。

【例题】

某物体受到一个大小为 32 N 的力，方向水平向右，还受到另一个大小为 44 N 的力，方向竖直向上。通过作图求出这两个力的合力的大小和方向。

解 选择某一标度，例如用 1 cm 长的线段表示 10 N 的力。

根据题意，作出二力合成的平行四边形（图 3.4-6）。表示 F_1 的有向线段长 3.20 cm，表示 F_2 的有向线段长 4.40 cm。用刻度尺测量后得知，表示合力 F 的对角线长为 5.44 cm，则

$$F = 5.44 \text{ cm} \times 10 \text{ N/cm} = 54.4 \text{ N}$$

用量角器测得合力 F 与力 F_1 的夹角为 54° 。

合力的大小为 54.4 N，方向与力 F_1 的夹角为 54° 。

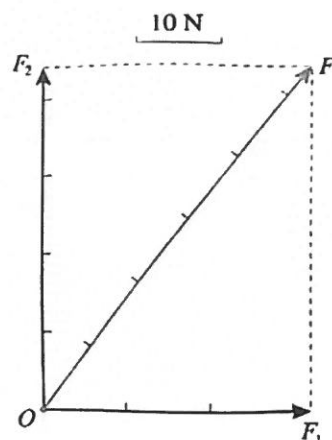


图 3.4-6

向量 and 标量

力的合成，可以认为是力的相加。二力相加时，不能简单地把两个力的大小相加，而要按平行四边形定则来确定合力的大小和方向。

我们曾经学过位移。一个人从 A 走到 B ，发生的位移是 AB ，又从 B 走到 C （图 3.4-7），发生的位移是 BC 。在整个运动过程中，这个人的位移是 AC ， AC 是合位移。

如果平行地移动矢量 BC ，使它的始端 B 与第一次位移

图 3.4-7 人的足迹

的始端 A 重合, 于是我们看到, 两次表示位移的线段构成了一个平行四边形的一组邻边, 而表示合位移的正是它们所夹的对角线 AC (图 3.4-8)。所以说, 位移合成时也遵从平行四边形定则。

既有大小又有方向, 相加时遵从平行四边形定则的物理量叫作**矢量** (vector)。只有大小, 没有方向, 相加时遵从算术法则的物理量叫作**标量** (scalar)。

除了力和位移以外, 速度、加速度都是矢量。在我们学过的物理量中, 质量、路程、功、电流等都是标量。

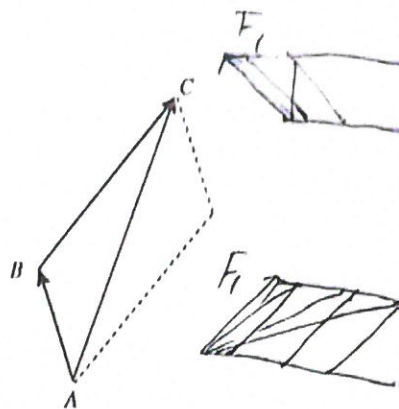
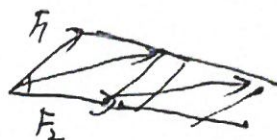


图 3.4-8 人的位移



练习与应用

1. 有两个力, 一个是 10 N, 一个是 2 N, 它们的合力有可能等于 5 N、10 N、15 N 吗? 合力的最大值是多少? 最小值是多少?

2. 有两个力, 它们的合力为 0。现把其中一个向东的 6 N 的力改为向南 (大小不变), 它们合力的大小、方向如何?

3. 两个力互成 30° 角, 大小分别是 90 N 和 120 N。通过作图求出合力的大小和方向。如果这两个力的大小不变, 两个力之间的夹角变为 150° , 通过作图求出合力的大小和方向。

4. 一个竖直向下的 180 N 的力分解为两个分力, 一个分力在水平方向上并等于 240 N (图 3.4-9), 求另一个分力的大小和方向。

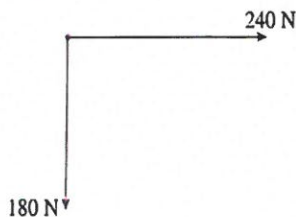


图 3.4-9

5. 两个力 F_1 和 F_2 之间的夹角为 θ , 其合力为 F 。请判断以下说法是否正确, 并简述理由。

(1) 合力 F 总比力 F_1 和 F_2 中的任何一个都大。

(2) 若力 F_1 和 F_2 大小不变, θ 角越小, 则合力 F 就越大。

(3) 若夹角 θ 不变, 力 F_1 大小不变, F_2 增大, 则合力 F 一定增大。

6. 如图 3.4-10, 倾角为 15° 的斜面上放着一个木箱, 用 100 N 的拉力 F 斜向上拉着木箱, F 与水平方向成 45° 角。分别以平行于斜面和垂直于斜面的方向为 x 轴和 y 轴建立直角坐标系, 把 F 分解为沿着两个坐标轴的分力。试在图中作出分力 F_x 和 F_y , 并计算它们的大小。

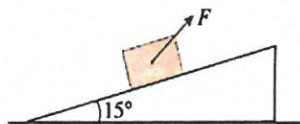


图 3.4-10

7. 如图 3.4-11, 把一个物体放在倾角为 θ 的斜面上, 物体受重力 G (物体还受到其他力的作用, 图中没有画出)。现在需要沿平行于斜面方向和垂直于斜面方向对物体的运动分别进行研究, 把重力 G 沿平行于斜面和垂直于斜面方向分解, 求两个分力的大小。

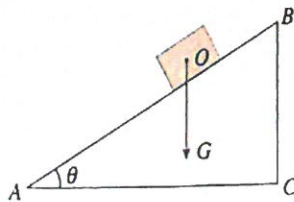


图 3.4-11